

Alat Ukur Konduktivitas Air Sungai pada Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam

Martanto¹, B. Wuri Harini², Pius Yozy Merucahyo³ dan Antonius Tri Priantoro⁴

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

⁴Pendidikan Biologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

martanto@usd.ac.id, wuribernard@usd.ac.id,

yozy@usd.ac.id, trie003@gmail.com

Abstrak — Kualitas air sungai untuk perikanan perlu dipantau untuk kelangsungan hidup ikan. Salah satu parameter kualitas air yang perlu dipantau adalah konduktivitas. Alat ukur konduktivitas dibuat menggunakan metode dua elektroda. Alat ukur terdiri atas dua pelat elektroda anti karat dengan dimensi dan jarak antar pelat tertentu. Elektroda dicelupkan pada air sampel saat pengukuran, dan membentuk rangkaian listrik tertutup dengan sebuah sumber tegangan dan hambatan. Beda potensial kedua plat diukur, hasilnya diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan nilai konduktivitas. Alat berhasil dibuat dan diujicoba, dapat mengukur konduktivitas dengan jangkauan 200uS/cm hingga 7000uS/cm, dengan galat rata-rata sebesar 8,9%.

Kata kunci — Konduktivitas, kualitas air, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Air sungai merupakan sumber air utama bagi perikanan air tawar. Di DIY banyak kolam perikanan air tawar yang berada di pinggir sungai yang mengambil air sungai untuk kelangsungan hidup ikan. Sungai-sungai di daerah ini kebanyakan memiliki sumber air dari lereng Gunung Merapi. Kualitas air perikanan dapat dipengaruhi oleh air hujan dan keberadaan Gunung Merapi yang masih aktif. Saat Gunung Merapi meletus dan terjadi hujan, maka kualitas air sungai yang berhulu di Merapi akan terpengaruh, yang dapat menyebabkan terganggunya budidaya ikan. Untuk memastikan air sungai yang masuk ke kolam perikanan memiliki kualitas yang memenuhi syarat perikanan, maka diperlukan suatu alat untuk mengantisipasi terjadinya adanya perubahan kualitas air. Salah satu parameter kualitas air adalah konduktivitas. Alat pengukur konduktivitas dibuat menggunakan metode dua elektroda dengan sumber eksitasi tegangan searah untuk membantu pembudidaya ikan mengetahui konduktivitas air kolam perikanan.

Alat ukur konduktivitas cairan telah banyak dipakai, sebagai contoh dalam industri yang proses di dalamnya berkaitan dengan bahan kimia, juga dalam penanganan limbah cair [1]. Ada beberapa peneliti telah membuat alat ukur konduktivitas, diantaranya: Sumariyah dkk [2] yang menggunakan sel konduktansi frekuensi tinggi; Ari Mustaghfirotur Robah [3] yang menggunakan eksitasi tegangan bolak-balik (ac) pada sensor, dimensi sensor tidak dijelaskan. Kedua peneliti tersebut menggunakan eksitasi tegangan ac. Oleh karena itu penulis membuat alat ukur konduktivitas cairan dengan menggunakan dua elektroda menggunakan eksitasi tegangan searah (dc), yang

diharapkan dapat diterapkan untuk pengukuran kualitas air kolam bagi peternakan ikan air tawar.

Konduktivitas listrik merupakan kemampuan dari sebuah material untuk mengalirkan arus listrik [1][4]. Konduktivitas cairan dapat diukur melalui pengukuran konduktansi, yang diukur dengan satuan siemens (S). Konduktansi dinotasikan dengan simbol G . Konduktansi berkebalikan dengan resistansi. Konduktivitas disimbolkan dengan σ diukur dalam satuan siemens/cm. Konduktivitas cairan bervariasi dari sangat rendah sampai yang sangat tinggi. Konduktivitas yang tinggi menandakan bahwa elektron dapat mengalir dengan mudah melalui cairan karena cairan mengandung banyak ion. Ion-ion dalam air dapat dibentuk oleh adanya asam, basa, dan garam di dalam air. Konduktivitas yang rendah menandakan arus yang mengalir sangat kecil. Konduktivitas air murni secara teori sebesar 0,038mS/cm pada temperatur 25°C. Peningkatan konsentrasi larutan asam akan meningkatkan konduktivitas cairan secara signifikan [5].

Besaran konduktivitas dituliskan dengan persamaan berikut [6]

$$\sigma = \frac{K_{cell}}{R} \frac{1}{1 + (\alpha/100)(T - 25)} \quad (1)$$

dengan σ adalah konduktivitas dalam siemens/cm, K_{cell} adalah konstanta sel dalam cm^{-1} , α adalah faktor kompensasi suhu (% per °C), dan T merupakan temperatur cairan dalam °C.

Konstanta sel K_{cell} merupakan perbandingan antara jarak antar sel dengan luasan penampang sel, dinyatakan dengan:

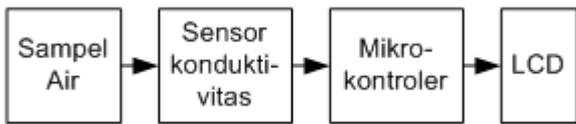
$$K_{cell} = \frac{l}{A} \quad (2)$$

dengan l adalah jarak antar elektroda dalam cm, dan A adalah luasan penampang elektroda dalam cm^2 . Untuk merancang alat ukur dengan jangkauan 0-5000 $\mu\text{S/cm}$ disarankan menggunakan konstanta sel sebesar 5cm^{-1} [6].

II. METODE PENELITIAN

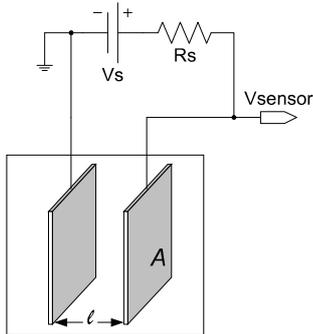
Penelitian ini dilakukan dengan metode sebagai berikut: Pertama, melakukan penentuan elektroda dan dimensi elektroda yang digunakan. Elektroda yang digunakan terbuat dari bahan logam anti karat, dengan konstanta perbandingan antara jarak elektroda dengan luasan elektroda ditentukan sebesar 5cm^{-1} . Kemudian dilakukan perancangan alat ukur konduktivitas. Diagram kotak sistem

yang dirancang ditunjukkan oleh Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pengujian alat untuk pengukuran sampel air, dan dilakukan pembahasan serta pengambilan kesimpulan.



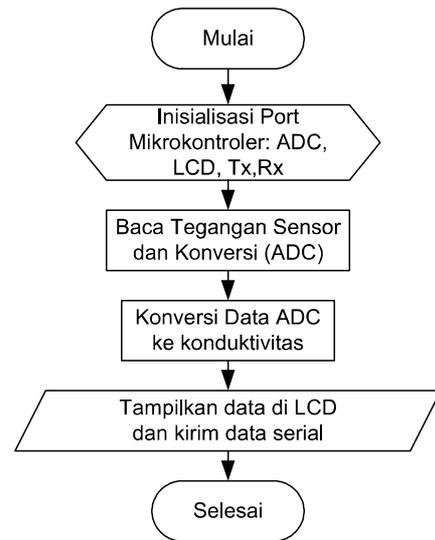
Gambar 1. Diagram kotak alat ukur konduktivitas.

Berdasarkan Gambar 1, konduktivitas sampel air diukur oleh sensor. Sensor konduktivitas terdiri atas dua elektroda yang digunakan untuk mengukur resistansi /hambatan sampel air. Hambatan air yang disertai dengan hambatan eksternal R_s akan membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan dengan tegangan sumber pencatu sebesar V_s . Bagan rangkaian sensor ditunjukkan oleh Gambar 2. Tegangan keluaran sensor V_{sensor} menjadi masukan bagi ADC (*Analog to Digital Converter*) yang terdapat di dalam mikrokontroler. Mikrokontroler yang dipakai adalah ATmega328P yang terpadu dalam papan Arduino UNO [7]. Perangkat lunak yang dipakai untuk membuat aplikasi mikrokontroler adalah Bascom-AVR [8]. Resolusi ADC yang digunakan adalah 10-bit [9], dengan tegangan referensi sebesar 5V sama dengan tegangan catu mikrokontroler. Hasil pembacaan ADC kemudian diproses agar menjadi besaran konduktivitas, yang kemudian ditampilkan ke LCD (*Liquid Crystal Display*), ataupun dikirimkan ke terminal serial.



Gambar 2. Rangkaian sensor konduktivitas.

Algoritma program mikrokontroler yang diaplikasikan untuk membangun alat ukur konduktivitas cairan ditunjukkan oleh diagram alir Gambar 3. Langkah pertama, melakukan proses inialisasi untuk *port* mikrokontroler untuk masukan ADC, tegangan referensi ADC, dan kecepatan (*prescaler*); *port* untuk antar muka dengan LCD; dan inialisasi pengaturan komunikasi serial. Langkah kedua, ADC melakukan pembacaan tegangan sensor dan mengkonversinya. Langkah ketiga, melakukan perhitungan untuk memproses data ADC agar menjadi data resistansi dengan menggunakan prinsip pembagi tegangan. Keempat, melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas yaitu dengan cara menghitung hasil bagi dari nilai konstanta elektroda dengan nilai resistansi. Kelima, menampilkan data konduktivitas ke LCD dan mengirimkan data melalui terminal serial.



Gambar 3. Diagram alir pengukuran konduktivitas air.

Sensor konduktivitas dirancang agar memiliki konstanta sel sebesar 5 cm^{-1} , dengan mengacu pada persamaan (2) dan dengan membuat jarak antar elektroda sebesar 3cm maka luasan $A=0,6 \text{ cm}^2$. Lebar elektroda ditentukan sebesar 0,5cm sehingga tinggi elektroda sebesar 1,2cm. Untuk menjaga agar dimensi tersebut tetap, maka kedua pelat elektroda dipasang tetap pada papan akrilik. Keluaran elektroda dihubungkan ke mikrokontroler port ADC(0)

Berdasar pada Gambar 2, tegangan sumber V_s ditentukan sama dengan tegangan suplai mikrokontroler yaitu 5V. Hambatan R_s ditentukan sebesar $8,2\text{k}\Omega$. Pada saat pembuatan program untuk mikrokontroler, nilai V_s dan R_s diukur terlebih dahulu untuk menentukan nilai yang sebenarnya, karena nilai V_s dan R_s menjadi sebuah konstanta yang harus dimasukkan di dalam program mikrokontroler.

Nilai V_{sensor} tergantung dari sampel air yang diukur. Pada saat tidak ada air, nilai V_{sensor} adalah V_s . Nilai V_{sensor} akan mengecil menuju ke nol untuk daya hantar cairan yang semakin besar. Tegangan keluaran sensor dapat dihitung menggunakan prinsip pembagi tegangan [10]

$$V_{sensor} = \frac{V_s * R_{sensor}}{R_s + R_{sensor}} \quad (3)$$

Nilai V_{sensor} dikonversi oleh ADC, sehingga didapat data hasil konversi yang bisa diketahui. Resolusi ADC yang dipakai adalah 10bit. Jika $V_{sensor}=0$, maka hasil konversi D_s sebesar 0(dec), dan Jika $V_{sensor}=V_s$ maka $D_s=1023$. Data konversi ini dipakai untuk menentukan nilai R_{sensor} . Berdasarkan persamaan 3, dapat dibuat persamaan untuk menentukan R_{sensor} , yaitu:

$$R_{sensor} = \frac{R_s * V_{sensor}}{V_s - V_{sensor}} \quad (4)$$

Jika nilai data hasil konversi adalah D_s , maka persamaan 4 menjadi:

$$R_{sensor} = \frac{R_s * D_s}{1023 - D_s} \tag{5}$$

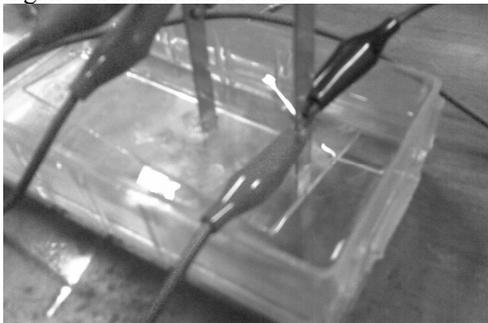
Setelah nilai R_{sensor} diketahui, maka selanjutnya melakukan perhitungan untuk mencari nilai konduktivitas. Mengacu pada persamaan 1, dengan menganggap pengukuran dilakukan pada suhu 25°C, dan $K_{cell} = 5$, maka nilai konduktivitas ditentukan dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{5}{R_{sensor}} \tag{6}$$

Persamaan 5 dan 6 diimplementasikan dalam program untuk mikrokontroler untuk memperoleh nilai konduktivitas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat ukur konduktivitas berhasil implementasikan dan diuji. Sensor konduktivitas ditunjukkan oleh Gambar 4, dihubungkan ke mikrokontroler melalui kabel penghubung. Gambar 5 adalah bagian mikrokontroler dengan tampilan LCD, dengan masukan ADC terhubung ke sensor, dan bagian sebelah kanan adalah multimeter PC 510 sebagai alat ukur tegangan dan hambatan acuan.



Gambar 4. Dua elektroda sebagai sensor konduktivitas air..

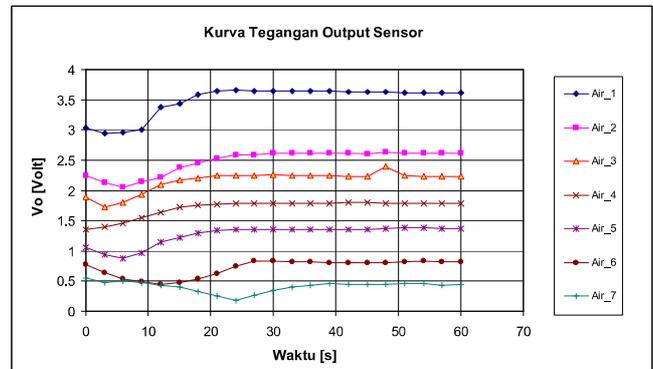


Gambar 5. Alat ukur konduktivitas (kiri) dan multimeter (kanan)..

Catu daya untuk sensor V_s diambil dari mikrokontroler terukur oleh multimeter PC510 sebesar 4,865volt. Hambatan R_s terukur sebesar 8,11kΩ. Nilai ini yang diterapkan pada persamaan 5 dan 6 dalam program mikrokontroler.

Pengujian sensor dilakukan untuk tujuh sampel air. Untuk membuat perbedaan antara sampel air yang satu dengan yang lain adalah dengan cara menambahkan serbuk tanah pada air dengan takaran yang berbeda. Sampel air ke-1 tanpa tambahan serbuk tanah, sedangkan sampel ke-7 dengan tanah yang paling banyak. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Gambar 6. Semakin banyak penambahan

tanah pada air akan semakin kecil tegangan keluaran sensor, yang berarti semakin kecil hambatannya, atau konduktivitasnya semakin besar. Tegangan sensor terlihat tidak langsung menuju nilai yang stabil, mulai stabil pada sekitar detik ke-20. Pengukuran sampel dilakukan dengan cara sensor harus terkena air yang diukur minimum selama 20 detik. Tegangan keluaran setelah detik ke-20 kemudian dibuat nilai rata-ratanya, untuk menentukan nilai konduktivitas rata-rata.



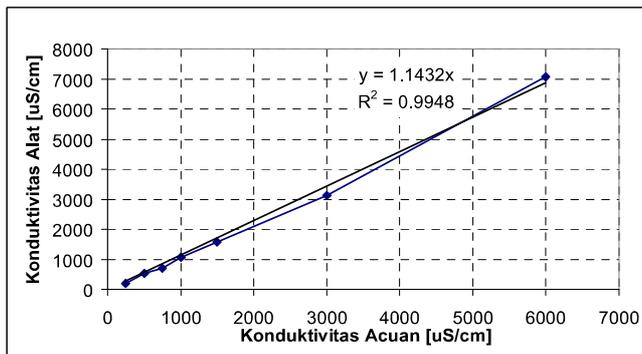
Gambar 6. Kurva tegangan keluaran sensor fungsi waktu untuk delapan macam sampel air.

Pengujian sensor dalam sistem dilakukan dengan membandingkannya dengan alat ukur konduktivitas acuan. Berdasarkan hasil tegangan rata-rata sensor dan keluaran alat, maka dapat dibuat tabel pengamatan seperti Tabel 1.

TABEL I. DATA PENGUJIAN SENSOR DAN SISTEM

Sampel ke-	Vsensor [V]	Konduktivitas (Acuan) [uS/cm]	Konduktivitas (Alat) [uS/cm]	Galat[%]
1	3.635	250	209	16.40
2	2.605	500	534	6.88
3	2.253	750	714	4.79
4	1.786	1,000	1,061	6.09
5	1.361	1,500	1,589	5.92
6	0.800	3,000	3,138	4.59
7	0.391	6,000	7,075	17.92

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa semakin kecil tegangan sensor maka nilai konduktivitas akan semakin besar, baik ditunjukkan oleh alat hasil rancangan maupun alat acuan. Nilai kesalahan /galat alat yang dibuat terhadap alat acuan masih cukup besar, dengan galat rata-rata sebesar 8,9%. Kesalahan terbesar adalah untuk konduktivitas yang besar. Hal ini karena perubahan tegangan yang kecil pada tegangan sensor akan mengakibatkan perubahan yang cukup signifikan pada nilai konduktivitas. Untuk tegangan yang rendah adanya pengaruh derau sangat berarti. Untuk mengetahui linearitas alat terhadap acuan maka dibuat kurva seperti Gambar 7.



Gambar 7. Kurva konduktivitas alat terhadap acuan..

Kurva dalam Gambar 7 terlihat linier dengan konstanta R^2 sebesar 0,9948 dan gradien sebesar 1,1432. Jika mengacu pada nilai R^2 ini maka alat ukur dikatakan linier, namun jika melihat nilai gradien maka terjadi kesalahan sebesar 14%. Berdasarkan hal ini maka perlu dilakukan pengecekan yang teliti terhadap rancangan elektroda, karena perhitungan dalam mikrokontroler menggunakan nilai rancangan Ksel sebesar 5cm^{-1} , yang kemungkinan tidak tepat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa: alat ukur konduktivitas air sudah dapat dibuat dan dipakai untuk mengukur konduktivitas dengan kesalahan sebesar 8,9% terhadap alat acuan. Kesalahan linearitas masih cukup besar yaitu 14%. Untuk perbaikan lebih lanjut dapat dilakukan dengan memvariasi nilai konstanta elektroda, agar diperoleh nilai yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti menyampaikan terimakasih kepada DITJEN DIKTI yang telah mendanai penelitian ini

melalui program Hibah Bersaing 2013 sebagai penelitian inisiasi terkait Inovasi Alat Deteksi dan Sistem Telemetri Kualitas Air Perikanan Terpadu pada Kolam di Saluran Tersier DAS Kalikuning. Ucapan terimakasih juga diberikan kepada Tiper Korneles Muwarberto Uniplaita yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bartelt, T., "Industrial Control Electronics: Devices, Systems and Applications", New York, Thomson Delmar Learning, 2006.
- [2] Sumariyah, Yulianto, T., dan Priyono, J., "Rancang bangun sistem pengukur konduktivitas larutan Elektrolit menggunakan mikrokontroler AT89C51", Berkala Fisika ISSN: 1410 – 9662, Vol.9, No.3, Juli 2006, hal 157-163.
- [3] Mustaghfirotur, A., Perancangan Alat Ukur Konduktivitas pada Proses Penyulingan Air Garam untuk Konsumsi Air Minum, <http://lib.uin-malang.ac.id/files/thesis/fullchapter/05540011.pdf>
- [4] Heyda, M., "A Practical Guide to Conductivity Measurement" 2008, http://www.mbhes.com/conductivity_measurement.htm
- [5] Palla`S-Areny, R, Webster, J.G., "Sensors and Signal Conditioning", New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [6] Iccontrols, Technical Notes: *Conductivity Theory and Measurement*, <http://www.iccontrols.com/files/4-1.pdf>.
- [7] Arduino Uno, <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- [8] Bascom-AVR, http://www.mcselec.com/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=41
- [9] ATmega328P, <http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx>
- [10] Nahvi, M., Edminister, J.A., Theory And Problems Of Electric Circuits, New York, Mcgraw-Hill, 2003.